



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 4 日
Date of Application:

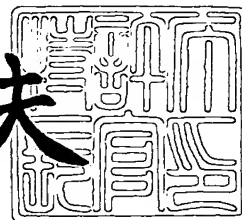
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 5 2 0 2 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 5 2 0 2 8]

出 願 人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 020895JP

【提出日】 平成14年12月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 17/17

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

 【氏名】 渡辺 智

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

 【氏名】 大島 明

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

 【氏名】 江原 雅人

【特許出願人】

 【識別番号】 000003207

 【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100099645

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山本 晃司

 【電話番号】 03-5524-2323

【選任した代理人】

 【識別番号】 100104765

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 江上 達夫

 【電話番号】 03-5524-2323

【選任した代理人】

【識別番号】 100107331

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 聡延

【電話番号】 03-5524-2323

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 131913

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 適合値生成装置、適合手順制御プログラム、及び適合値生成プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の制御条件の下で対象を制御する適合値を生成する適合値生成装置であって、

入力値と出力値との組及びパラメータを含む関数が指定されると、統計処理を実行することにより、前記入力値に対する前記関数の計算値が前記出力値に近づくように前記パラメータの値を決定して近似式を生成する統計処理手段と、

前記対象の状態を推定するための近似関数を決定し、決定した近似関数を指定する情報を前記統計処理手段に出力し、前記所定の制御条件の下で前記対象の状態を計測して得られた計測値を前記出力値とすると共に前記所定の制御条件を前記入力値として前記統計処理手段に出力し、前記統計処理手段から前記近似式を受け取ると、前記近似式の精度を前記計算値と前記計測値とに基づいて評価し、誤差が所定の範囲内に収まる場合に、前記近似式を用いて前記適合値を生成する適合手段と

を備えることを特徴とする適合値生成装置。

【請求項 2】 利用者に情報を提示して入力を促す提示手段と、
前記利用者の操作に応じた出力信号を出力する入力手段とを備え、
前記適合手段は、前記利用者が前記近似関数を指定することを補助する情報を前記提示手段に提示させ、前記出力信号に基づいて前記近似関数を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の適合値生成装置。

【請求項 3】 前記適合手段は、複数の近似関数を記憶しており、前記利用者が前記近似関数を指定することを補助する情報は前記複数の近似関数を示す情報であることを特徴とする請求項 2 に記載の適合値生成装置。

【請求項 4】 前記統計処理手段は、指定された最適化手法に従って、前記近似式を用いて最適点を導出し、前記最適点を前記適合手段に出力し、

前記適合手段は、前記最適化手法を指定する情報を前記統計処理手段に出力し、前記統計処理手段から得た前記最適点を前記適合値とする

請求項 1 に記載の適合値生成装置。

【請求項 5】 前記適合手段は、前記最適化手法を指定する情報を前記統計処理手段に出力し、前記対象を計測した計測値に基づいて、前記統計処理手段から得た前記最適点が所定の条件を充足するか否かを判定し、前記所定の条件を充足する場合に前記最適点を前記適合値とすることを特徴とする請求項 4 に記載の適合値生成装置。

【請求項 6】 前記適合手段は、前記近似関数に基づいて前記最適化手法を指定する情報を生成することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の適合値生成装置。

【請求項 7】 利用者に情報を提示して入力を促す提示手段と、
前記利用者の操作に応じた出力信号を出力する入力手段とを備え、
前記適合手段は、前記統計処理手段が用いることができる最適化手法の種類を予め記憶しており、前記提示手段に前記最適化手法の種類を示す情報を提示させ、前記出力信号に基づいて前記最適化手法を指定する情報を生成することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の適合値生成装置。

【請求項 8】 前記対象は車両に用いられるエンジンであり、前記所定の制御条件は前記エンジンの運転条件であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 項に記載の適合値生成装置。

【請求項 9】 コンピュータに統計処理を実行させる統計処理ツールを用いて、所定の制御条件の下で対象を制御する適合値を生成する適合手順制御プログラムにおいて、

前記統計処理ツールは、入力値と出力値との組及びパラメータを含む関数が指定されると、前記コンピュータに、前記入力値に対する前記関数の計算値が前記出力値に近づくように前記パラメータの値を決定して近似式を生成し、

前記適合手順制御プログラムは、前記コンピュータに、
前記対象の状態を推定するための近似関数を決定するステップと、
決定した近似関数を指定する情報を前記統計処理ツールに出力するステップと

前記所定の制御条件の下で前記対象の状態を計測して得られた計測値を前記出

力値とすると共に前記所定の制御条件を前記入力値として前記統計処理ツールに出力するステップと、

前記統計処理ツールから前記近似式を受け取ると、前記近似式の精度を前記計算値と前記計測値とに基づいて評価し、誤差が所定の範囲内に収まる場合に、前記近似式を用いて前記適合値を生成するステップと

を実行させることを特徴とする適合手順制御プログラム。

【請求項 10】 所定の制御条件の下で対象を制御する適合値を生成する適合値生成プログラムにおいて、

コンピュータに、

パラメータを含み前記対象の状態を推定する近似関数を決定するステップと、

前記所定の制御条件を前記近似関数に入力して計算値を得るステップと、

前記計算値が前記所定の制御条件の下で前記対象の状態を計測して得られた計測値に近づくように前記パラメータを決定して近似式を生成するステップと、

前記近似式の精度を前記計算値と前記計測値とに基づいて評価し、誤差が所定の範囲内に収まる場合に、前記近似式を用いて前記適合値を生成するステップと

を実行させることを特徴とする適合値生成プログラム。

【請求項 11】 利用者の操作に応じた出力信号を出力する入力手段を備えたコンピュータに、所定の制御条件の下で対象を制御する適合値を生成させる適合値生成プログラムにおいて、

前記コンピュータを、指令に従って統計処理を実行して処理結果を出力する手段として機能させる統計処理ツールと適合手順制御プログラムとを備え、

適合手順制御プログラムは、

前記コンピュータを、

前記統計処理ツールに指令を入力すると共に処理結果を受け取る手段として機能させる複数のツール制御モジュールと、

所定の処理を実行する手段として機能させる複数の処理モジュールと、

前記出力信号に基づいて、前記ツール制御モジュール及び前記処理モジュールの中からモジュールを選択し、且つ、選択したモジュールの実行手順を特定する実行手順ファイルを生成する手段として機能させる手順生成モジュールと、

前記出力信号に基づいて、前記実行手順ファイルの実行を検知して、前記実行手順ファイルに記述された手順に従って処理を実行し、前記適合値を生成する手段として機能させる実行モジュールと

を備えることを特徴とする適合値生成プログラム。

【請求項 1 2】 前記コンピュータは、表示手段を備え、

前記複数の処理モジュールのうち少なくとも一つは、前記所定の処理として、前記利用者に所定の指示を入力することを促す入力画面を前記表示手段に表示させ、前記出力信号に基づいて前記所定の指示を受け取り、前記所定の指示に基づいて前記ツール制御モジュールに渡す前記指令を生成することを特徴とする請求項 1 1 に記載の適合値生成プログラム。

【請求項 1 3】 前記コンピュータは、前記対象の状態を計測する計測装置に対して計測指示を送信して計測結果を受信することができ、

前記複数の処理モジュールのうち少なくとも一つは、前記所定の処理として、前記計測指示を生成し、前記計測指示を前記計測装置に送信し、前記計測装置から前記計測結果を受け取ることを特徴とする請求項 1 1 に記載の適合値生成プログラム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所定の制御条件の下で対象の状態を示す適合値を生成する適合値生成装置、適合手順制御プログラム、及び適合値生成プログラムに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

所定の制御条件の下で目的に適合するように所要の操作を加えて対象を制御する場合に、制御対象のモデルを用意し、モデルを用いて条件と制御量との関係を予め定めることがある。モデルは、制御条件を入力すると制御量を出力する関数として与えられ、パラメータを含む。モデルを実際の対象に近づけるようにパラメータを決定することを適合という。また、制御の目的と一致するように制御量を決定することを最適化という。

【0003】

例えば、車両に搭載される内燃機関としてのエンジンを制御するためには、所定の運転条件の下でエンジンの挙動を知る必要がある。このため、エンジンにおける燃料の燃焼を制御する制御装置は、エンジンの状態を示すマップを各種の運転条件毎に予め記憶しており、マップを参照して制御量を定めるのが一般的である（例えば、特許文献1及び特許文献2）。従って、マップには最適化された適合値が記憶される。

【0004】**【特許文献1】**

特開2000-321174号公報

【0005】**【特許文献2】**

特開昭63-170563号公報

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

ところで、最適化した適合値を得るためには、第1に基礎となるモデルを選択し、第2に実機で計測を実行し、第3に実測値に基づいてモデルのパラメータを算出し、第4にモデルを用いて最適化した適合値を算出する必要がある。

【0007】

しかしながら、これらの処理の一部に汎用の計算プログラムを用いることはあっても、処理全体を自動化したシステムは知られていない。また、汎用の計算プログラムを用いる場合には、その計算プログラムが解釈できる形式でデータをオペレータが入力する必要がある。このため、処理が何度も中断され、最適化された適合値を得るまでに長期間を要するという不都合があった。

【0008】

さらに、基礎となるモデルの選択等、オペレータの判断を必要とする処理では、入力ために工数がかかるといった問題もあった。

【0009】

そこで、本発明は、一連の処理を自動化又は半自動化できる適合値生成装置、

適合制御プログラム及び適合値生成プログラムを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る適合値生成装置は、所定の制御条件の下で対象の状態を示す適合値を生成するものであって、入力値と出力値との組及びパラメータを含む関数が指定されると、統計処理を実行することにより、前記入力値に対する前記関数の計算値が前記出力値に近づくように前記パラメータの値を決定して近似式を生成する統計処理手段と、前記対象の状態を推定するための近似関数を決定し、決定した近似関数を指定する情報を前記統計処理手段に出力し、前記所定の制御条件の下で前記対象の状態を計測して得られた計測値を前記出力値とすると共に前記所定の制御条件を前記入力値として前記統計処理手段に出力し、前記統計処理手段から前記近似式を受け取ると、前記近似式の精度を前記計算値と前記計測値とに基づいて評価し、誤差が所定の範囲内に収まる場合に、前記近似式を用いて前記適合値を生成する適合手段とを備える（請求項1）。

【0011】

この発明によれば、適合手段は、統計処理手段をパラメータを決定する汎用的な部品として用いて近似式を得ることができるので、近似式を得るための処理を自動化できる。また、近似式の精度が十分な場合に近似式を用いて適合値を生成するから、精度の高い適合値を生成することができ、且つ、近似式の評価処理を自動化できる。この結果、適合値を生成する時間を大幅に短縮することができる。ここで、適合値生成装置は、例えば、コンピュータによって構成することができる。また、適合手段は、例えば、対象に対応したプログラムを実行するCPUが該当する一方、統計処理手段は、例えば、汎用の統計処理プログラムが該当する。

【0012】

この適合値生成装置は、利用者に情報を提示して入力を促す提示手段と、前記利用者の操作に応じた出力信号を出力する入力手段とを備え、前記適合手段は、前記利用者が前記近似関数を指定することを補助する情報を前記提示手段に提示させ、前記出力信号に基づいて前記近似関数を決定するものであってもよい（請

求項2)。この場合には、利用者は提示手段によって、近似関数を指定することを補助する情報の提供を受けることができるので、簡単に近似関数を指定することができる。提示手段は視覚により情報を提供するディスプレイの他、聴覚により情報を提供するスピーカが該当する。ここで、前記適合手段は、複数の近似関数を記憶しており、前記利用者が前記近似関数を指定することを補助する情報は前記複数の近似関数を示す情報であることが好ましい（請求項3）。さらに、計測値のグラフを表示してもよい。

【0013】

また、前記統計処理手段は、指定された最適化手法に従って、前記近似式を用いて最適点を導出し、前記最適点を前記適合手段に出力し、前記適合手段は、前記最適化手法を指定する情報を前記統計処理手段に出力し、前記統計処理手段から得た前記最適点を前記適合値とすることが好ましい（請求項4）。この場合には、適合手段が最適化手法を指定することができるので、統計処理手段は指定された手法に従って、最適化を実行できる。

【0014】

さらに、前記適合手段は、前記最適化手法を指定する情報を前記統計処理手段に出力し、前記対象を計測した計測値に基づいて、前記統計処理手段から得た前記最適点が所定の条件を充足するか否かを判定し、前記所定の条件を充足する場合に前記最適点を前記適合値とすることが好ましい（請求項5）。この場合には、最適点を評価し、所定の条件を充足する場合に最適点を適合値とするので、適合値の信頼性を向上させることができる。所定の条件は、最適点が制御の目的を予め定められた範囲内で充足するか否かを判定できるものであることが望ましい。

【0015】

また、前記適合手段は、前記近似関数に基づいて前記最適化手法を指定する情報を生成することが好ましい（請求項6）。近似関数に応じて誤差が少なくなる最適化手法が定まるからである。また、適合手段は、統計処理手段で選択できる最適化手法と近似関数との対応を予め定めておき、この関係に従って最適化手法を指定するようにしてもよい。

【0 0 1 6】

また、上述した適合値生成装置は、利用者に情報を提示して入力を促す提示手段と、前記利用者の操作に応じた出力信号を出力する入力手段とを備え、前記適合手段は、前記統計処理手段が用いることができる最適化手法の種類を予め記憶しており、前記提示手段に前記最適化手法の種類を示す情報を提示させ、前記出力信号に基づいて前記最適化手法を指定する情報を生成するものであってもよい（請求項 7）。この場合には、利用者は、利用可能な最適化手法の種類を示す情報を参照できるので、簡単に最適化手法を選択することができる。

【0 0 1 7】

くわえて、上述した適合値生成装置において、前記対象は車両に用いられるエンジンであり、前記所定の制御条件は前記エンジンの運転条件であつてもよい（請求項 8）。

【0 0 1 8】

次に、本発明に係る適合手順制御プログラムは、コンピュータに統計処理を実行させる統計処理ツールを用いて、所定の制御条件の下で対象を制御する適合値を生成するものであつて、前記統計処理ツールは、入力値と出力値との組及びパラメータを含む関数が指定されると、前記コンピュータに、前記入力値に対する前記関数の計算値が前記出力値に近づくように前記パラメータの値を決定して近似式を生成し、前記適合手順制御プログラムは、前記コンピュータに、前記対象の状態を推定するための近似関数を決定するステップと、決定した近似関数を指定する情報を前記統計処理ツールに出力するステップと、前記所定の制御条件の下で前記対象の状態を計測して得られた計測値を前記出力値とすると共に前記所定の制御条件を前記入力値として前記統計処理ツールに出力するステップと、前記統計処理ツールから前記近似式を受け取ると、前記近似式の精度を前記計算値と前記計測値とに基づいて評価し、誤差が所定の範囲内に収まる場合に、前記近似式を用いて前記適合値を生成するステップとを実行させる（請求項 9）。

【0 0 1 9】

この発明によれば、適合手順制御プログラムは、統計処理ツールを利用して適合値を算出することができる。そして、統計処理ツールとしては、制御対象の種

類を問わない汎用的なプログラムを使用することができる。また、適合手順の変更等を行う場合には、適合手順制御プログラムのみを修正すればよい。従って、様々な変更や修正に柔軟に対応することができる。

【0020】

次に、本発明に係る適合値生成プログラムは、所定の制御条件の下で対象を制御する適合値を生成するものであって、コンピュータに、パラメータを含み前記対象の状態を推定する近似関数を決定するステップと、前記所定の制御条件を前記近似関数に入力して計算値を得るステップと、前記計算値が前記所定の制御条件の下で前記対象の状態を計測して得られた計測値に近づくように前記パラメータを決定して近似式を生成するステップと、前記近似式の精度を前記計算値と前記計測値とに基づいて評価し、誤差が所定の範囲内に収まる場合に、前記近似式を用いて前記適合値を生成するステップとを実行させる（請求項10）。

【0021】

この発明によれば、適合値生成プログラムは、1個のプログラムとして機能して、自動的に適合値を生成する。従って、適合値を生成するまでの処理が途中で中断することがないので、適合値を生成する時間を大幅に短縮することができる。

【0022】

次に、本発明に係る他の適合値生成プログラムは、利用者の操作に応じた出力信号を出力する入力手段を備えたコンピュータに、所定の制御条件の下で対象を制御する適合値を生成させる適合値生成プログラムにおいて、前記コンピュータを、指令に従って統計処理を実行して処理結果を出力する手段として機能させる統計処理ツールと適合手順制御プログラムとを備え、適合手順制御プログラムは、前記コンピュータを、前記統計処理ツールに指令を入力すると共に処理結果を受け取る手段として機能させる複数のツール制御モジュールと、所定の処理を実行する手段として機能させる複数の処理モジュールと、前記出力信号に基づいて、前記ツール制御モジュール及び前記処理モジュールの中からモジュールを選択し、且つ、選択したモジュールの実行手順を特定する実行手順ファイルを生成する手段として機能させる手順生成モジュールと、前記出力信号に基づいて、前記

実行手順ファイルの実行を検知して、前記実行手順ファイルに記述された手順に従って処理を実行し、前記適合値を生成する手段として機能させる実行モジュールとを備えることを特徴とする（請求項10）。

【0023】

この発明によれば、コンピュータのオペレータは、ツール制御モジュール及び処理モジュールを適宜組み合わせる指示を入力することによって、対象を制御する適合値を生成するための実行手順ファイルを生成することができる。従って、制御対象や要求される精度といった各種の事情に応じて適合手順をカスタマイズすることができる。

【0024】

また、前記コンピュータは、表示手段を備え、前記複数の処理モジュールのうち少なくとも一つは、前記所定の処理として、前記利用者に所定の指示を入力することを促す入力画面を前記表示手段に表示させ、前記出力信号に基づいて前記所定の指示を受け取り、前記所定の指示に基づいて前記ツール制御モジュールに渡す前記指令を生成することが好ましい（請求項12）。この場合には、自動化に適さない処理については、利用者に入力を委ねることができるので、カスタマイズに柔軟性を持たせることができる。

【0025】

また、前記コンピュータは、前記対象の状態を計測する計測装置に対して計測指示を送信して計測結果を受信することができ、前記複数の処理モジュールのうち少なくとも一つは、前記所定の処理として、前記計測指示を生成し、前記計測指示を前記計測装置に送信し、前記計測装置から前記計測結果を受け取ることが好ましい（請求項13）。この場合には、計測装置とのやり取りを自動化して適合値を生成することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の一実施形態に係る適合値生成装置を用いた適合値生成システムのブロック図である。この適合値生成システムは、コンピュータ1、計測装置2、及び制御対象たるエンジン3を備える。エンジン3には、温度センサ、トル

クセンサ、及び吸気センサ等の各種のセンサが取り付けられている。各センサの出力信号は計測装置 2 に取り込まれる。また、計測装置 2 は、エンジン 3 の吸気バルブ及び排気バルブの動作タイミングやリフト量、燃料噴射弁の開度等を制御できる。計測装置 2 は、コンピュータ 1 からの指令に従って、所定の運転条件の下でエンジン 3 を運転する。エンジン 3 の状態は各種センサによって計測される。計測装置 2 はそれらセンサの出力信号に基づいて計測データを生成し、これをコンピュータ 1 に送信する。

【0027】

コンピュータ 1 は、CPU 10、ROM 11、RAM 12、ハードディスク 13、入力装置 14、ディスプレイ 15 及びインターフェース 16 を備え、これらの構成はバスを介して接続されている。CPU 10 は、コンピュータ 1 の制御中枢として機能し、適合値生成プログラム等の各種のプログラムを実行する。ROM 11 には起動時に実行されるブートプログラムが記憶されている。RAM 12 は、CPU 10 の作業領域として機能し、そこには処理途中のデータ等が記憶される。例えば、後述する計測データや計測指示データが記憶される。ハードディスク 13 には、生成された適合値の他、各種のデータが記憶されている。

【0028】

入力装置 14 は、オペレータが指示を入力するための入力手段として機能し、オペレータの操作に応じた信号を出力する。入力装置 14 には、例えば、キーボードやマウスが含まれる。インターフェース 16 は、外部機器との間で通信を行う機能を有する。CPU 10 は、インターフェース 16 を介して計測装置 2 へ指令を送信したり、計測装置 2 から計測データを取得することができる。なお、既に計測済みの計測データを、他のコンピュータからインターフェース 16 を介して取り込むことも可能である。

【0029】

このような適合値生成システムにおいて、コンピュータ 1 は、適合値生成プログラムを実行する。図 2 に適合値生成プログラムの構造を示す。適合値生成プログラムは、適合手順制御プログラムと DOE (Design of experiment) ツールとを備える。DOE ツールは、統計処理機能を有する汎用的なプログラムである。

即ち、DOE ツールは、エンジンの設計に限られず、実験データに基づいて各種の統計処理を実行することができる。また、DOE ツールは、複数のモジュールから構成されている（図示せず）。そして、各モジュールは所定の指令によって他のプログラムが呼び出して利用できるようになっている。

【0030】

一方、適合手順制御プログラムは、エンジン 3 の適合値を生成するために特化したものである。適合手順制御プログラムは、複数のツール制御モジュール MA 1、MA 2、…、複数の処理モジュール MB 1、MB 2、…、手順生成モジュール MC、及び実行モジュール MD を備える。各ツール制御モジュール MA 1、MA 2、…は、DOE ツールに指令を入力すると共に処理結果を受け取る機能を有する。各処理モジュール MB 1、MB 2、…は、所定の処理を実行する機能を有する。例えば、計測装置 2 を制御して計測データを取得する機能、計測データに基づいて DOE ツールに所定の指示を与える機能、さらには、DOE ツールの処理結果を評価する機能等がある。手順生成モジュール MC は、入力装置 14 の出力信号に基づいて、ツール制御モジュール MA 1、MA 2、…及び処理モジュール MB 1、MB 2、…の中からモジュールを選択し、且つ、選択したモジュールの実行手順を特定する実行手順ファイルを生成する機能を有する。実行モジュール MD は、実行手順ファイルに記述された手順に従って処理を実行し、適合値を生成する機能を有する。

【0031】

換言すれば、適合手順制御プログラムは、適合値生成システムの制御中枢としての役割を担い、計測装置 2 と DOE ツールとのインターフェースとして機能する。また、手順生成モジュール MC によって、制御対象や要求される精度といった各種の事情に応じて適合手順をカスタマズすることができるといった利点を有する。実行手順ファイルに記述されているツール制御モジュール MA 1、MA 2、…は、DOE ツールのモジュールを適宜呼び出して処理を実行させ、さらに、処理モジュール MB 1、MB 2、…は処理結果を次の処理に用いることができる。

【0032】

この適合手順制御プログラムによって、適合値を生成する一連の手順を自動化することができ、適合に要する期間を大幅に短縮する共にオペレータの工数を削減することが可能となる。さらに、計測装置 2 を変更する場合や、適合手順を変更する場合には、適合値生成プログラム全体を新たに開発するのではなく、適合手順制御プログラムのみを修正すればよいので、様々な変更に対応できるといった利点がある。

【0033】

図 3 は、実行手順ファイルに従った適合値生成システムの動作を示すフローチャートである。適合値の生成処理は、エンジン 3 の計測データの取得、モデルの作成、及び最適点の計算・検証といった 3 つの処理に大別される。以下、具体的に説明する。

【0034】

まず、適合値生成プログラムの実行モジュール MD が起動されると、指定された実行手順ファイルに従って処理が実行される。この例では、まず、サーベイ処理が実行される（ステップ S 1）。サーベイ処理では、適合値を生成するための各種の前提条件がオペレータによって入力される。この際、CPU 10 は、ディスプレイ 15 に入力画面を表示させ、オペレータに所定の項目を入力するように促す。

【0035】

次に、ステップ S 2 では、データ計測範囲の指定がなされる。この場合、CPU 10 は、計測範囲を指定するための画面をディスプレイ 15 に表示させて、オペレータの入力を促す。この際、エンジン 3 の運転条件、計測範囲、及び計測点数がオペレータによって入力される。

【0036】

この後、CPU 10 が計測点指示ルーチンを実行することによって、計測点の選択手法が設定される（ステップ S 3）。図 4 に計測点指示ルーチンの処理内容を示す。まず、CPU 10 は、エンジン 3 の近似関数が既知であるか否かを判定する（ステップ S 2 1）。近似関数が既知である場合とは、同種のエンジンについて既に近似関数が得られており、この関数を用いることが上述したサーベイ処

理において決定されている場合である。近似関数が既知である場合には、CPU 10 は関数の種類に対応した計測点を選択する指示を生成する（ステップ S 2 2）。一方、近似関数が未知である場合には、CPU 10 は計測範囲内で計測点の分布を均一とするように計測点を選択する指示を生成する（ステップ S 2 3）。

【0037】

説明を図 3 に戻す。上述した計測点を選択する手法を示す指示が DOE ツールに渡されると、DOE ツールは、指示に従って計測点を特定する（ステップ S 4）。この指示は、計測点数を示す情報を含む。ここで、指示が関数の種類に応じて計測点を選択することを示す場合、DOE ツールは、計測範囲の両端と変曲点の付近に計測点を多く設定する。例えば、近似関数の入出力特性が図 5 に示すものであるならば、計測範囲の両端 A 及び D と各変曲点 B 及び C の付近に計測点 P 1、P 2、…、P 8 が設定される。近似関数は統計処理によって修正されるが、変曲点の情報が欠けると、修正の精度が落ちるからである。一方、計測範囲内で計測点の分布を均一とする指示を DOE ツールが受け取った場合、DOE ツールは、計測範囲内に均一に分布するように各計測点を設定する。そして、DOE ツールは各計測点を示す計測指示データを生成する。

【0038】

なお、図 3 には、適合手順制御プログラムが計測指示データを計測装置 2 へ転送する処理が明示されていない。しかし、計測装置 2 とコンピュータ 1 との通信機能は適合手順制御プログラムが有するので、実際には計測指示データを適合手順制御プログラムが受け取って、計測装置 2 に送信する。この際、適合手順制御プログラムは、DOE ツールのデータ形式と計測装置 2 のデータ形式とが異なる場合には、計測指示データのデータ形式を変換した後、計測装置 2 へ送信する。

【0039】

次に、コンピュータ 1 から計測装置 2 へ計測指示データが転送されると、計測装置 2 は、実機での計測を実行する（ステップ S 5）。この処理において、計測装置 2 は、計測指示データの示す各計測点におけるエンジン 3 の状態を計測し、計測結果を示す計測データを生成する。計測が終了すると、計測装置 2 は、計測データをコンピュータ 1 へ送信する。

【0040】

このようにデータ取得までの処理においては、データ計測範囲の指定（ステップS2）や計測点選択手法の設定（ステップS3）を適合手順制御プログラムが実行するので、オペレータは入力装置14を操作してデータ取得に必要な最低限の項目を入力するだけでよい。従って、実機のデータ取得までの処理時間を大幅に短縮することができる。また、オペレータの操作ミスによる計測指示の誤りを未然に防止することができる。

【0041】

コンピュータ1が計測データを取得すると（ステップS6）、CPU10は適合手順制御プログラムに従って、近似関数の選択を実行する（ステップS7）。この際、CPU10は、図6に示す近似関数選択ルーチンを実行する。まず、CPU10は近似関数が既知であるか否かを判定する（ステップS31）。近似関数が既知であれば、予め指示された近似関数を使用する（ステップS32）。一方、近似関数が未知であれば、2次式、三角関数、指数関数等を用いて近似式を順次算出し、近似精度が最も良い関数を選択することができる（ステップS33）。このようにして近次関数が定まると、適合手順制御プログラムは、DOEツールに対して近似関数を指定する。

【0042】

なお、近似関数が未知である場合に、適合手順制御プログラムは、近似関数の種類をディスプレイ15に表示させ、オペレータに近似関数を選択するように促してもよい。さらに、適合手順制御プログラムは、計測データのグラフをディスプレイ15に表示させてもよい。これらの表示によって、オペレータは近似関数を容易に選択することが可能となる。換言すれば、近似関数の種類や計測データのグラフは、オペレータが近似関数を指定することを補助する情報として機能する。

【0043】

近似関数の指定と計測データをDOEツールが受け取ると、DOEツールは近似関数に基づいて暫定近似式を作成する（ステップS8）。この場合、適合手順制御プログラムはDOEツールが解釈できるデータ形式で近似関数を指定すると

共に計測データを渡す。近似関数はパラメータを含む。DOEツールは、計測データに統計処理を施してこのパラメータを決定する。統計処理の手法としては、例えば、最小二乗法を採用することができる。この後、DOEツールは、暫定近似式を用いて算出されたデータと計測データとを比較して異常データを検出し、これを除外する（ステップS9）。例えば、暫定近似式によって図7に実線で示す曲線が得られ、計測データの示す計測結果が白丸である場合を想定する。この場合は、計測点P3が暫定近似式から大きく外れている。従って、計測点P3の計測データは異常データとして検出される。異常データの検出方法としては、暫定近似式による計算値と計測データの示す計測値の差が最も大きい計測点を異常データとして検出する方法がある。あるいは、暫定近似式の計算値に対して許容される数値範囲（例えば、 $\pm 3\%$ ）を設定し、計測データの計測値が数値範囲外の場合に当該計測値を異常データとしてもよい。

【0044】

次に、適合手順制御プログラムが異常データをDOEツールから受け取ると、適合手順制御プログラムは、異常データの再計測を計測装置2に対して指示する（ステップS10）。この後、計測装置2は異常データの再計測を実行し（ステップS11）、再計測の結果を示す計測データをコンピュータ1に送信する。例えば、図7に示す例では計測点P3について、再計測が実行される。

【0045】

適合制御プログラムは計測データを取得すると（ステップS12）、これをDOEツールに手渡す。すると、DOEツールは、異常データの代わりに再計測された計測データを用いて最終近似式を生成する（ステップS13）。即ち、計測データの中から異常データを除いたデータと再計測された計測データとに基づいて、最終近似式が生成される。この際、近似関数に統計的処理を施してパラメータを決定する点は、ステップS8の処理と同様である。この最終近似式は、暫定近似式と比較して、エンジン3の挙動をより正確に表すものである。

【0046】

DOEツールは、最終近似式を生成すると、これを適合手順制御プログラムに渡す。適合手順制御プログラムは、評価結果判断ルーチンを実行することにより

、最終近似式の精度を評価する（ステップS14）。この処理では、実機の計測値に対する最終近似式の計算値の誤差が評価値として算出され、評価値が所定範囲内にあるかが判定される。図8に評価結果判断ルーチンの処理内容を示す。まず、CPU10は二乗平均誤差ERRORaveを以下に示す式1に従って算出する（ステップS41）。但し、Yd(Xi)は運転条件Xiにおける計測値である。Ym(Xi)は運転条件Xiにおける最終近似式の計算値である。

【0047】

【数1】

$$\text{ERRORave} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_m(X_i) - Y_d(X_i))^2 \cdots \text{式1}$$

【0048】

次に、CPU10は、二乗平均誤差ERRORaveが所定値以下であるか否かを判定する（ステップS42）。ここで、所定値は、許容できる誤差の限界として予め定められている。二乗平均誤差ERRORaveが所定値以下である場合には、CPU10は、最終近似式の精度が許容範囲内であると判断して、処理をステップS15に進める（ステップS43）。

【0049】

一方、二乗平均誤差ERRORaveが所定値を超える場合には、CPU10は、最終近似式の精度が許容範囲外であると判断する。この場合、CPU10は処理をステップS4に戻し、計測点の特定をやり直す。具体的には、既に計測されている計測点の他に、新たな計測点を設定する。例えば、図5に示す例では、白三角で示す点を新たな計測点として設定する。これにより、新たな計測点について実機の計測が実行され、新たな計測データが得られる（ステップS5）。そして、新たな計測データと既に計測されている計測データとに基づいて、ステップS6からステップS14までの処理が実行される。このように評価を経て生成された最終近似式は、所定の運転条件の下でエンジン3の状態を精度良く推定するモデルとして利用することができる。

【0050】

モデル作成処理では、適合制御プログラムが近似関数の選択を実行し、DOE ツールが解釈できるデータ形式で近似関数を指定し、そのようなデータ形式で計測データがDOE ツールに渡される。これにより、汎用のDOE ツールが有する統計処理機能を利用して近似式のパラメータを決定することができる。しかも、オペレータが近似関数そのものを入力したり、あるいは、計測データを入力するといった作業を省略することができるので、モデル作成に要する時間を大幅に短縮することができる。さらに、異常データについては、オペレータが判断することなく、再計測が実行されるので精度の良い最終近似式を短時間で得ることができる。くわえて、最終近似式について誤差の評価を自動的に実行し、誤差が許容されない場合には、新たな計測点を補充して処理を行う。従って、既に得られている計測結果を無駄にすることなく、最終近似式の精度を自動的に向上させることができる。

【0051】

次に、ステップS15では最適化手法の選択が行われる。この処理では、DOE ツールが有する各種のアルゴリズムの選択が実行される。最適化手法としては各種のものがあるが、この例のDOE ツールは、最急降下法、ニュートン法、及び逐次二次計画法に各々対応した3種類のアルゴリズムを備える。アルゴリズムの選択は、近似関数の種類に従って自動的に実行される。近似関数の種類に応じて、最も精度良く最適化できるアルゴリズムが異なるからである。具体的には、適合手順制御プログラムは、近似関数の種類とアルゴリズムとの対応付けたデータを有しており、このデータを参照して、アルゴリズムが選択される。なお、適合手順制御プログラムは、アルゴリズムを特定する情報をディスプレイ15に表示させて、オペレータにアルゴリズムを選択するように促してもよい。また、アルゴリズムを特定する情報と共に最終近似式を表示させてもよい。この場合には、オペレータは、最終近似式を参照しながら、アルゴリズムを選択することができるので、精度や演算時間といった事情を考慮した選択を行うことができる。

【0052】

この後、DOE ツールは、選択された最適化手法に従って最適点の導出を実行する（ステップS16）。この例では、最急降下法、ニュートン法、及び逐次二

次計画法の中から選択されたアルゴリズムに従って、最適点が導出される。

【0053】

適合手順制御プログラムが導出された最適点をDOEツールから取得すると、適合手順制御プログラムは、最適点及び最適点の前後について計測点を特定する（ステップS17）。例えば、ある運転条件の下で燃料噴射量を最小にすることを制御の目的とする場合を想定する。ここで、運転条件を X 、実測した燃料噴射量の計測値を Y_d 、最終近似式を用いて計算した燃料噴射量の計算値を Y_m とする。この場合、最適点は燃料噴射量を最小にする運転条件 X_{opt} となり、最終近似式による最小燃料噴射量は $Y_m(X_{opt})$ で与えられる。そして、予め設定された所定値を ϵ としたとき、ステップS17で指定される計測点は、 $X_{opt} - \epsilon$ 、 X_{opt} 、及び $X_{opt} + \epsilon$ となる。

【0054】

この後、コンピュータ1から計測装置2に計測指示が送信される。この計測指示には、上述した計測点を示す情報が含まれる。計測指示を計測装置2が受信すると、計測装置2は、各計測点についてエンジン3を計測して確認データを生成する（ステップS18）。

【0055】

確認データが計測装置2からコンピュータ1へ送信されると、適合手順制御プログラムは確認データを取得する（ステップS19）。次に、確認データに基づいて最適点が適切か否かを判断する（ステップS20）。この処理では、確認データ判断ルーチンが実行される。図9に確認データ判断ルーチンの処理内容を示す。まず、3つの確認データ、 $Y_d(X_{opt} - \epsilon)$ 、 $Y_d(X_{opt})$ 、及び $Y_d(X_{opt} + \epsilon)$ が特定される（ステップS51）。次に、 $Y_d(X_{opt}) \leq Y_d(X_{opt} - \epsilon)$ 且つ $Y_d(X_{opt}) \leq Y_d(X_{opt} + \epsilon)$ であるか否かが判定される（ステップS52）。即ち、最終近似式によって算出した最適点が、実機の計測において最適となっているかが確認される。例えば、実測値の特性が図10に示す実線である場合には、最終近似式による最適化が適切になされている。一方、実測値の特性が図10に示す点線である場合には、 $Y_d(X_{opt}) > Y_d(X_{opt} + \epsilon)$ となるから、最終近似式による最適化が不適切

である。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 5 2 の判定結果が Y E S の場合には、最適化が適切であると判断し、最適点が、制御の目的に合致する適合値として採用される（ステップ S 5 3）。一方、ステップ S 5 2 の判定結果が N O の場合には、近似関数を変更して、処理を図 3 に示すステップ S 3 に戻す（ステップ S 5 4）。これにより、新たな近似関数に基づいて、データ取得、モデル作成、及び最適点の計算検証が自動的に実行される。この場合、ステップ S 4 での計測点を特定する処理では、計測済みの計測データをステップ S 8 で使用することを前提に、新たな計測点のみを特定するようにしてもよい。

【 0 0 5 7 】

このように最適点の計算・検証処理では、適合手順制御プログラムが自動的に最適化を実行して最適点を算出し、最適点の検証を自動化できるので、オペレータの作業を削減することができる。この結果、最適点の計算・検証に要する時間を大幅に短縮することが可能となる。また、最適点が許容されない場合には、近似関数を変更して、再度、一連の処理を自動的に実行することが可能である。さらに、汎用の D O E ツールを用いて最適点の導出を実行するので、特定の対象に特化したプログラムを開発する必要がなく、適合値生成プログラムを安価で提供することができる。

【 0 0 5 8 】

次に、図 1 1 に手順生成モジュールの処理内容を示す。手順生成モジュールは、適合値生成プログラムのメニュー画面において、適合手順作成を選択すると起動されるようになっている。

【 0 0 5 9 】

まず、C P U 1 0 は、新規作成か修正かを選択するための選択画面をディスプレイ 1 5 に表示させ、オペレータに選択を促す（ステップ S 6 1）。図 1 2 に選択画面の一例を示す。次に、C P U 1 0 は入力装置 1 4 の出力信号に基づいてオペレータが新規作成を選択したか否かを判定する（ステップ S 6 2）。オペレータがマウスを操作して、選択画面のボタン B 1 をクリックした場合には、C P U

1 0 は、処理をステップ S 6 3 に進め、入力画面をディスプレイ 1 5 に表示させる。

【 0 0 6 0 】

図 1 3 に入力画面の一例を示す。入力画面は、作業領域 X と表示領域 Y に分かれている。表示領域 Y には、登録されているツール制御モジュール MA 1、MA 2、…、処理モジュール MB 1、MB 2、…のモジュール名を示すアイコンが表示される。これらのアイコンは、マウスによってドラッグ&ドロップすることにより、作業領域 X にコピーすることができるようになっている。そして、オペレータは、作業領域 X に適合手順を示すフローチャートを作成することにより、選択した各モジュールの実行順序を指定できるようになっている。

【 0 0 6 1 】

例えば、処理モジュール MB 1、MB 2、…において、MB 1 がサーベイ処理、MB 2 がデータ計測範囲の指定処理、MB 3 が計測点選択手法の設定処理、MB 4 が実測処理を各々実行するものであるとする。また、ツール制御モジュール MA 1 が D O E ツールを用いて計測点を特定するものであるとする。この場合、図 2 に示すデータ取得の処理は、図 1 3 の作業領域 X に示されるフローチャートを作成することによって特定される。このようにツール制御モジュールや処理モジュールを用いると、オペレータは、D O E ツールのデータ形式や計測装置 2 との間の通信プロトコルについて知識がなくても、適合手順を制御するプログラムを簡単に作成することが可能である。

【 0 0 6 2 】

そして、オペレータが保存ボタン B 3 をクリックすると、実行手順ファイル名を入力するための入力ボックス B 4 が入力画面に表示される。オペレータが、そこにファイル名を入力してリターンキーを操作すると、実行手順ファイル名と実行手順ファイルが対応付けられて記憶される（ステップ S 6 4）。

【 0 0 6 3 】

一方、図 1 2 に示す入力画面において、オペレータが修正を選択すると、ステップ S 6 2 の判定結果は N O となり、C P U 1 0 は、既に作成されている実行手順ファイル名を読み出して、これを修正候補としてディスプレイ 1 5 に表示させ

る（ステップS65）。そして、オペレータが修正候補の中から1つを選択すると、CPU10はこれを検知して、修正画面を表示する（ステップS66）。この修正画面は、作業領域Xに選択された実行手順ファイル名に対応するフローチャートが表示される点を除いて、図13に示す入力画面と同一である。そして、オペレータは、フローチャートに必要な修正を加える。この後、保存ボタンB3がクリックされると、実行手順ファイル名を入力するための入力ボックスが入力画面に表示される。このとき、新たなファイル名を入力すれば、別ファイルとして記憶され、同一ファイル名を入力すれば実行手順ファイルが更新される（ステップS64）。

【0064】

このようにCPU10が手順作成モジュールMCを実行することによって、ツール制御モジュールMA1、MA2、…及び処理モジュールMB1、MB2、…を適宜組合せて、制御対象や要求される精度といった各種の事情に応じて適合手順をカスタマズすることができる。なお、ツール制御モジュールや処理モジュールを新たに追加することも可能であり、そのような場合には、既存のツール制御モジュールや処理モジュールの一部を修正するようにしてもよい。

【0065】

以上説明したように、本実施形態においては、汎用のDOEツールのモジュールを適合手順制御プログラムが適宜呼び出して、適合手順を自動化したので、最適化した適合値を短時間で得ることができる。また、適合手順を簡易な方法によってカスタマイズできる。

【0066】

上述した実施形態において、CPU10は、適合手順制御プログラムを実行することにより本発明の適合手段として機能し、DOEツールを実行することにより、本発明の統計処理手段として機能する。

【0067】

上述した実施形態では、車両のエンジンを制御対象とする適合値生成システムを説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、制御の対象はどのようなものであってもよく、対象の状態を推定するモデルの作成や、そのモデルを用

いた最適化された適合値の導出に適用することができる。

【0068】

また、上述した実施形態では、DOEツール（統計処理ツール）のモジュールを適宜呼び出して実行したが、このモジュールを適合手順制御プログラムのソースコードに記述して、一つのプログラムとして機能させてもよいことは勿論である。これにより、プログラム間でのデータの受け渡しに係る処理を省略することができるから、実行時間を短縮することが可能となる。

【0069】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明の適合値生成装置によれば、適合手段は、統計処理手段をパラメータを決定する汎用的な部品として用いて近似式を得ることができるので、近似式を得るための処理を自動化できる。また、近似式の精度が充分な場合に近似式を用いて適合値を生成するから、精度の高い適合値を生成することができ、且つ、近似式の評価処理を自動化できる。この結果、適合値を生成する時間を大幅に短縮すること可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る適合値生成装置を用いた適合値生成システムのブロック図である。

【図2】

適合値生成プログラムの構造を示す概念図である。

【図3】

適合値生成システムの動作を示すフローチャートである。

【図4】

計測点指示ルーチンの処理内容を示すフローチャートである。

【図5】

近似関数の入出力特性と計測点との関係を示すグラフである。

【図6】

近似関数選択ルーチンの処理内容を示すフローチャートである。

【図 7】

異常データと暫定近似式の関係を示すグラフである。

【図 8】

評価結果判断ルーチンの処理内容を示すフローチャートである。

【図 9】

確認データ判断ルーチンの処理内容を示すフローチャートである。

【図 1 0】

最適点と実測値の特性との関係を示すグラフである。

【図 1 1】

手順生成モジュールの処理内容を示すフローチャートである。

【図 1 2】

選択画面の一例を示す説明図である。

【図 1 3】

入力画面の一例を示す説明図である。

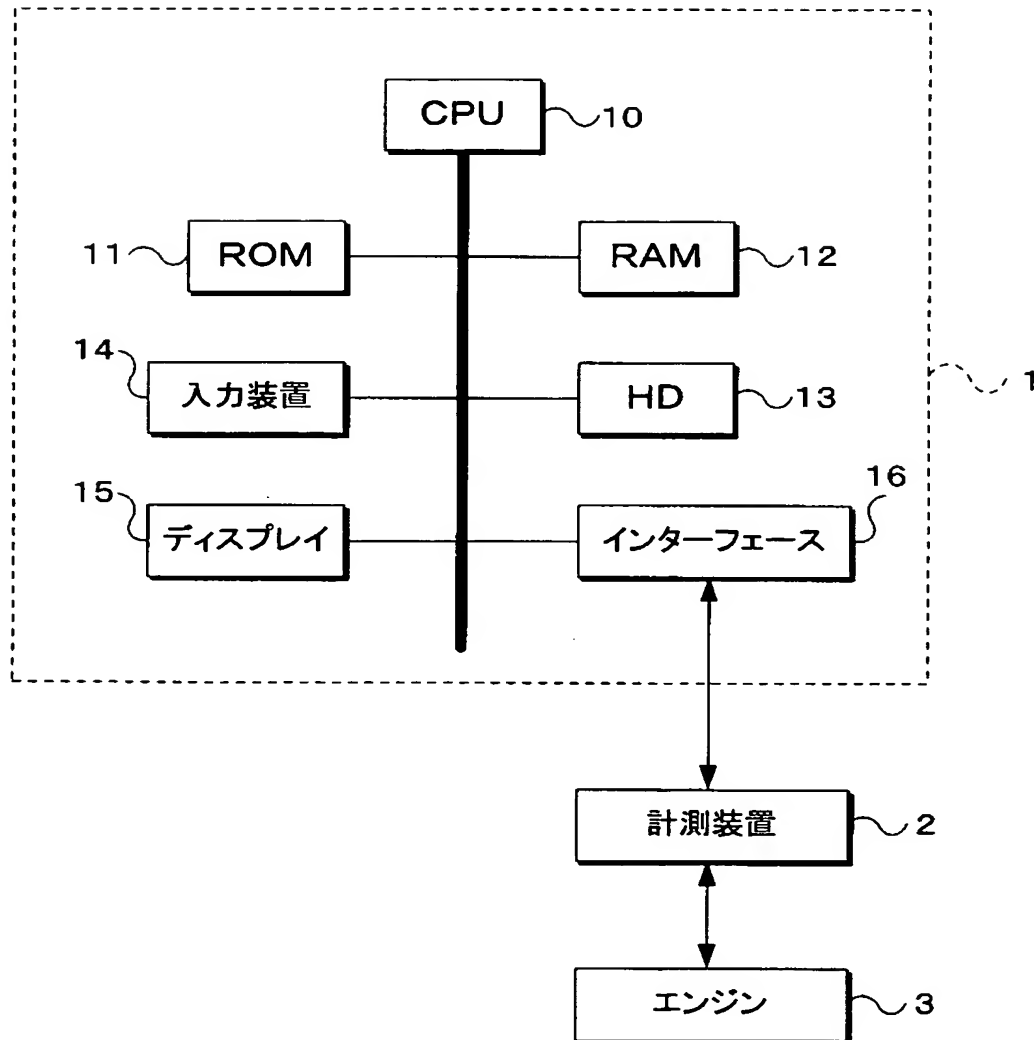
【符号の説明】

- 1 コンピュータ
- 2 計測装置
- 3 エンジン
- 1 0 C P U

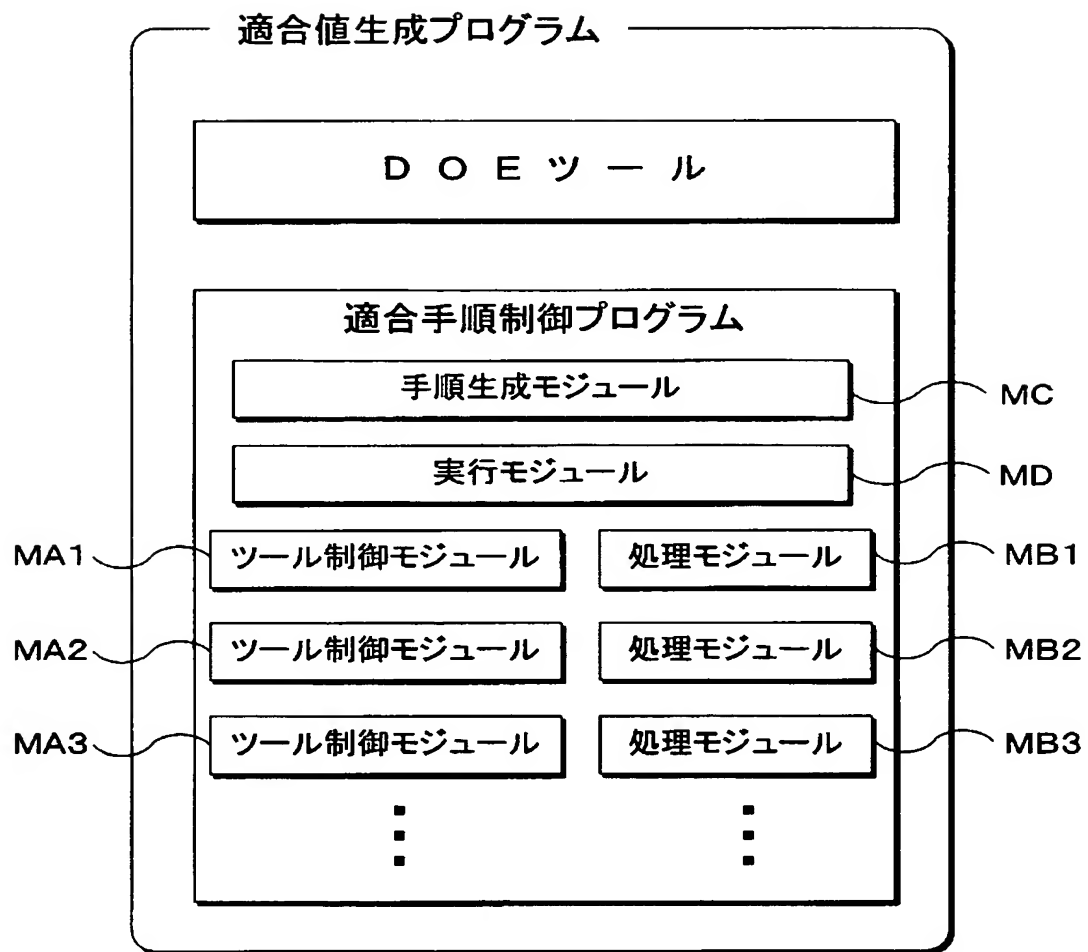
【書類名】

図面

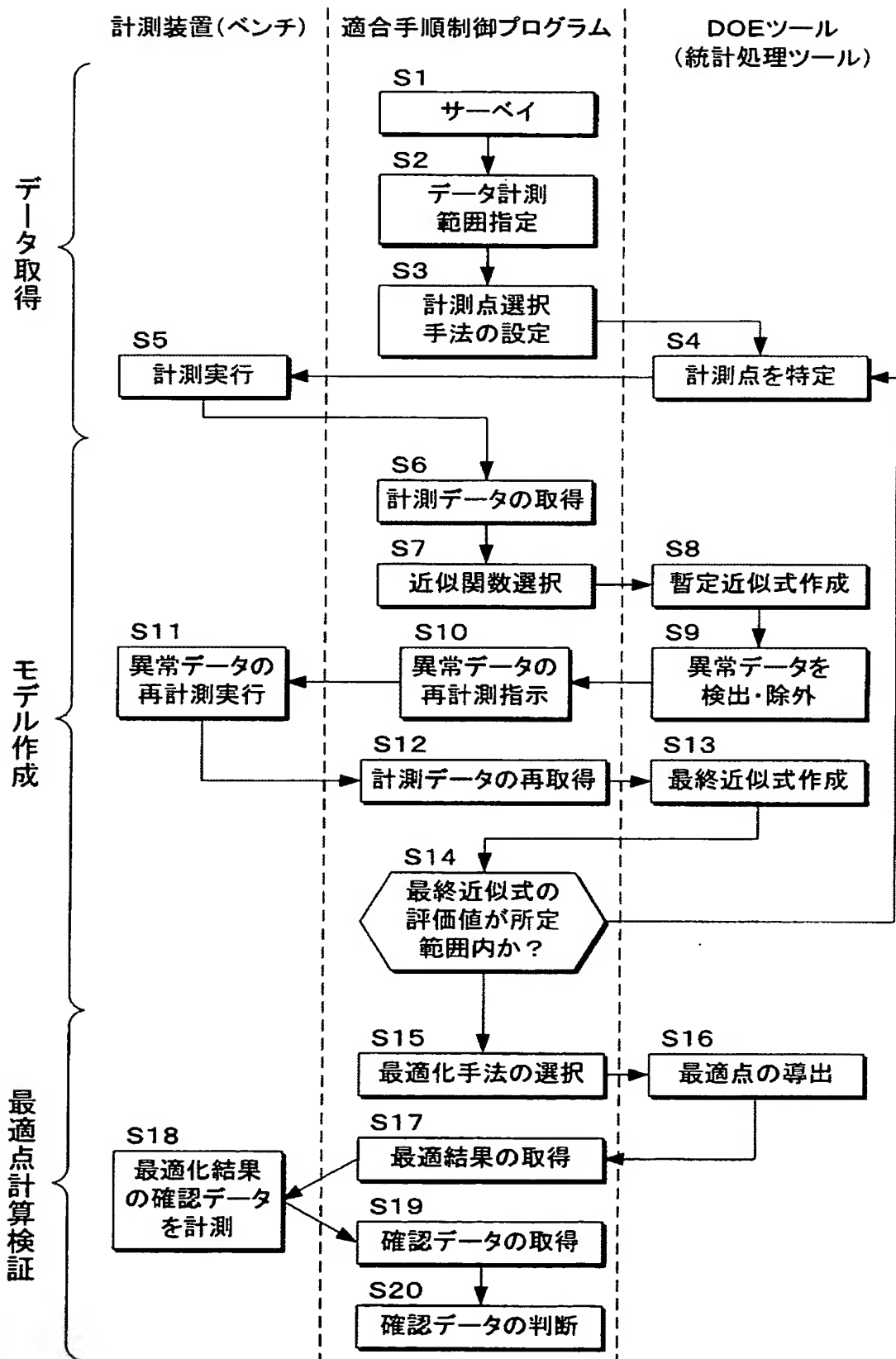
【図 1】



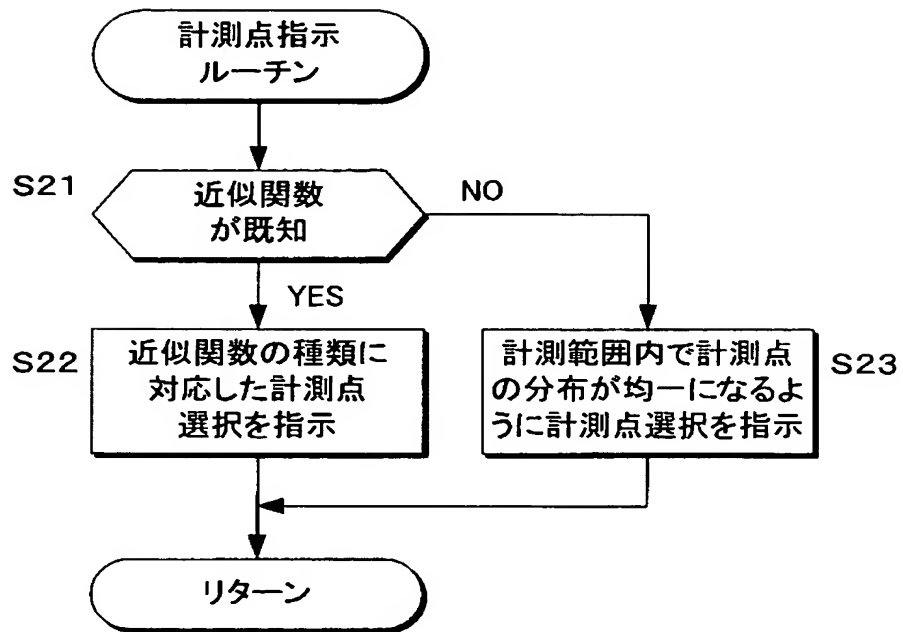
【図 2】



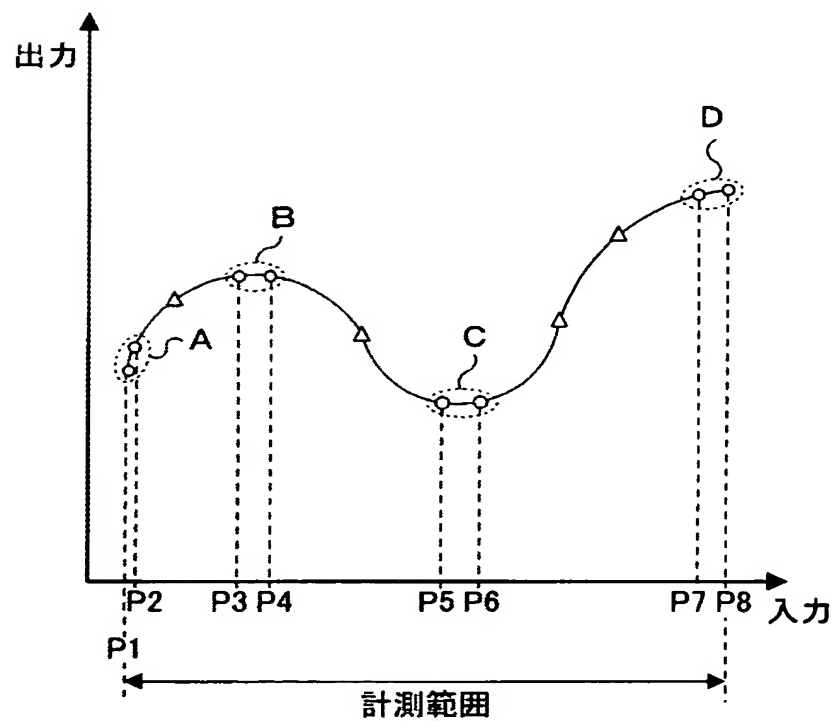
【図3】



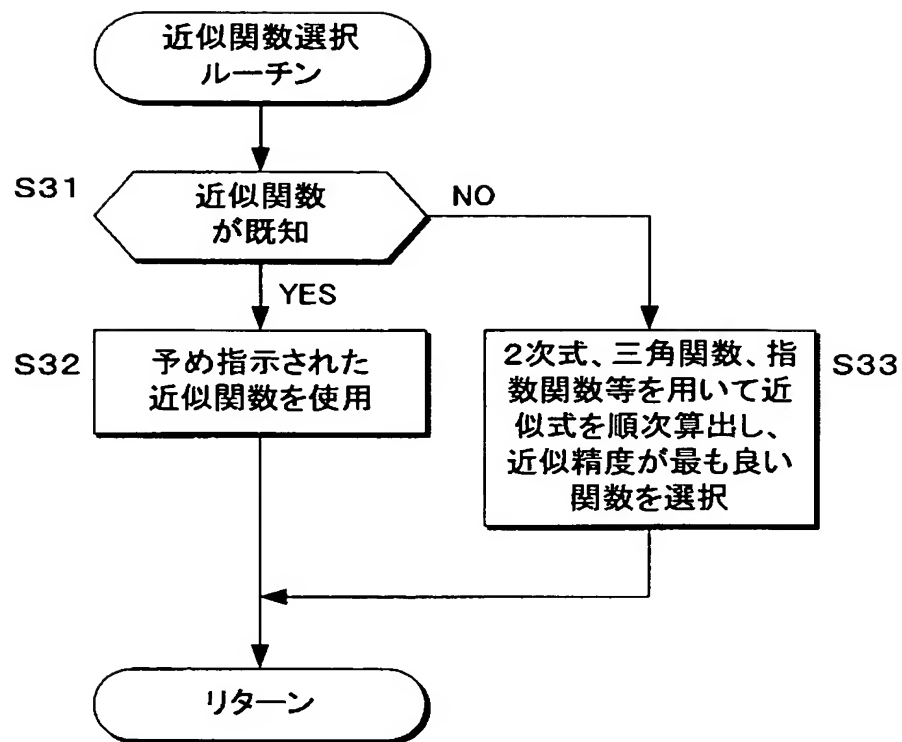
【図 4】



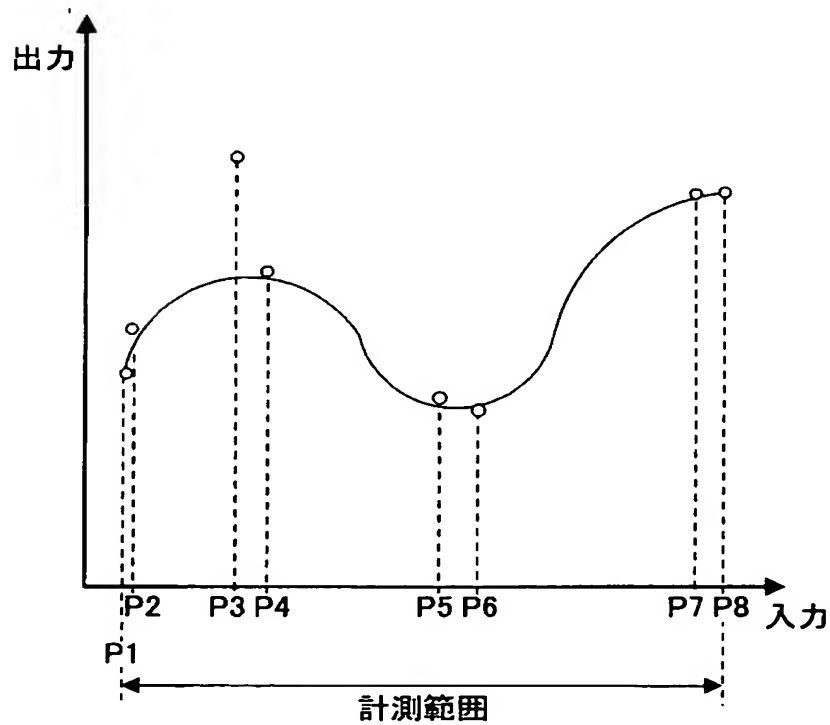
【図 5】



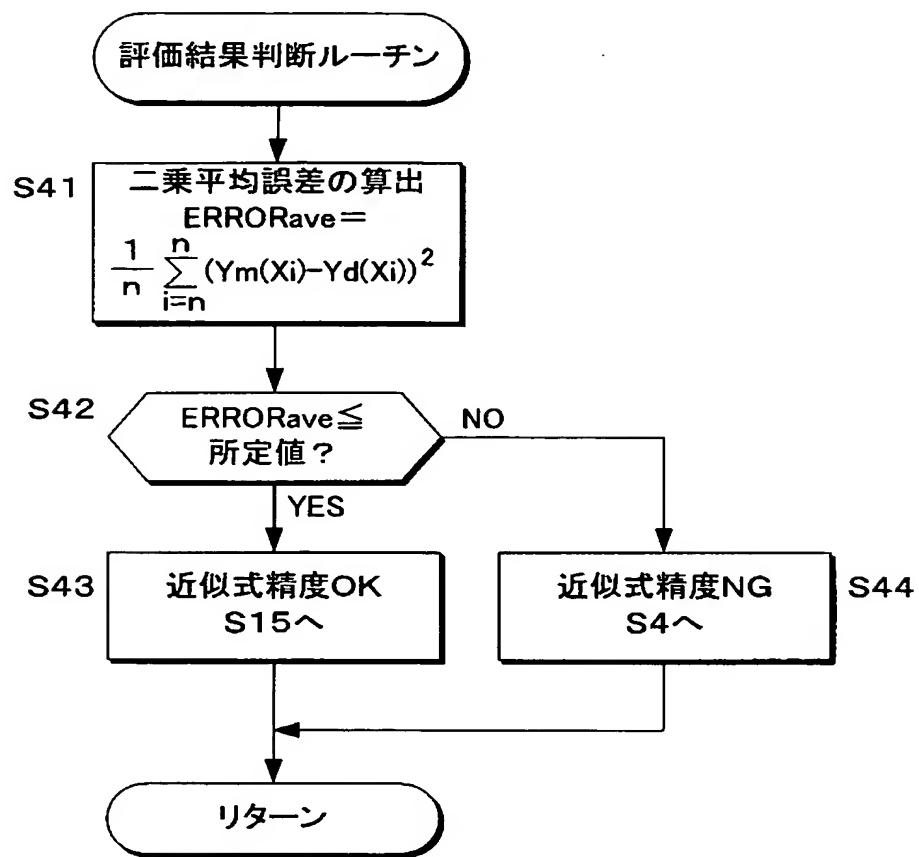
【図 6】



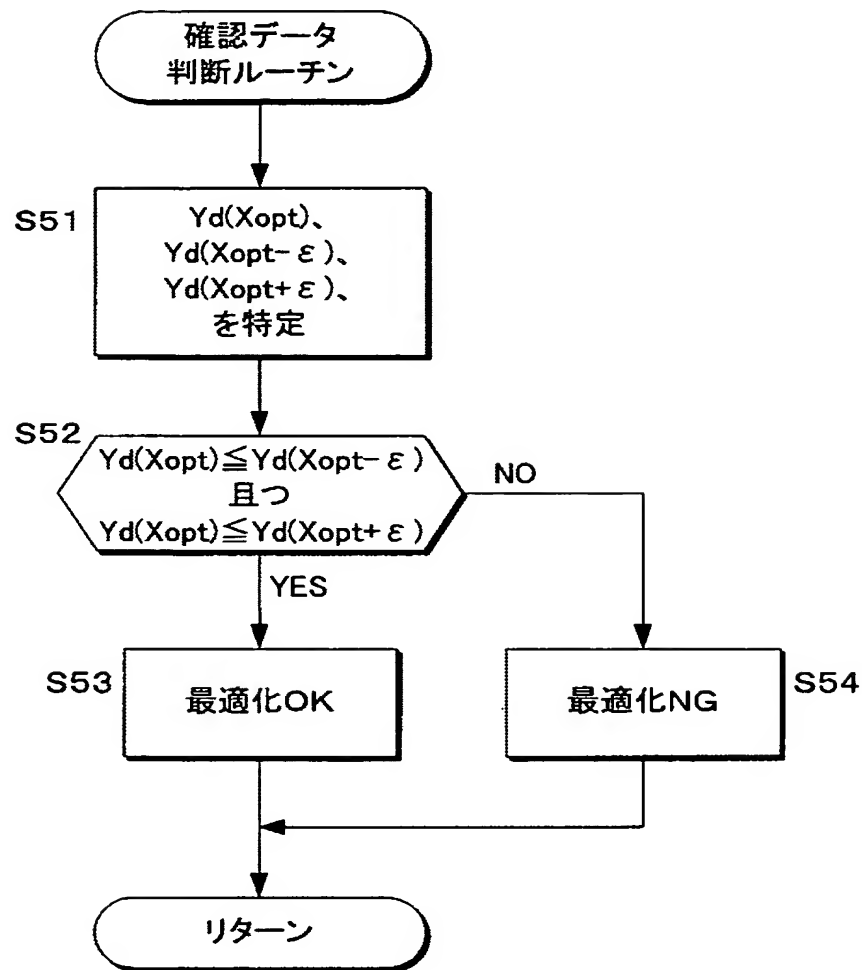
【図 7】



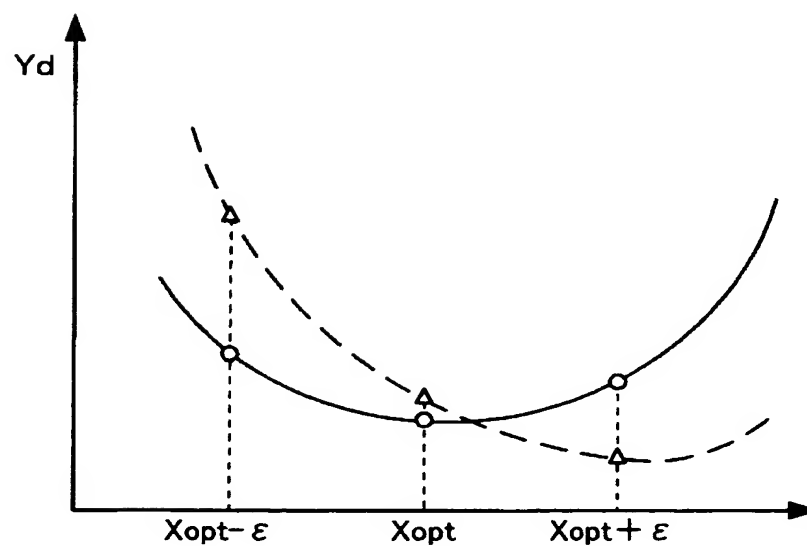
【図 8】



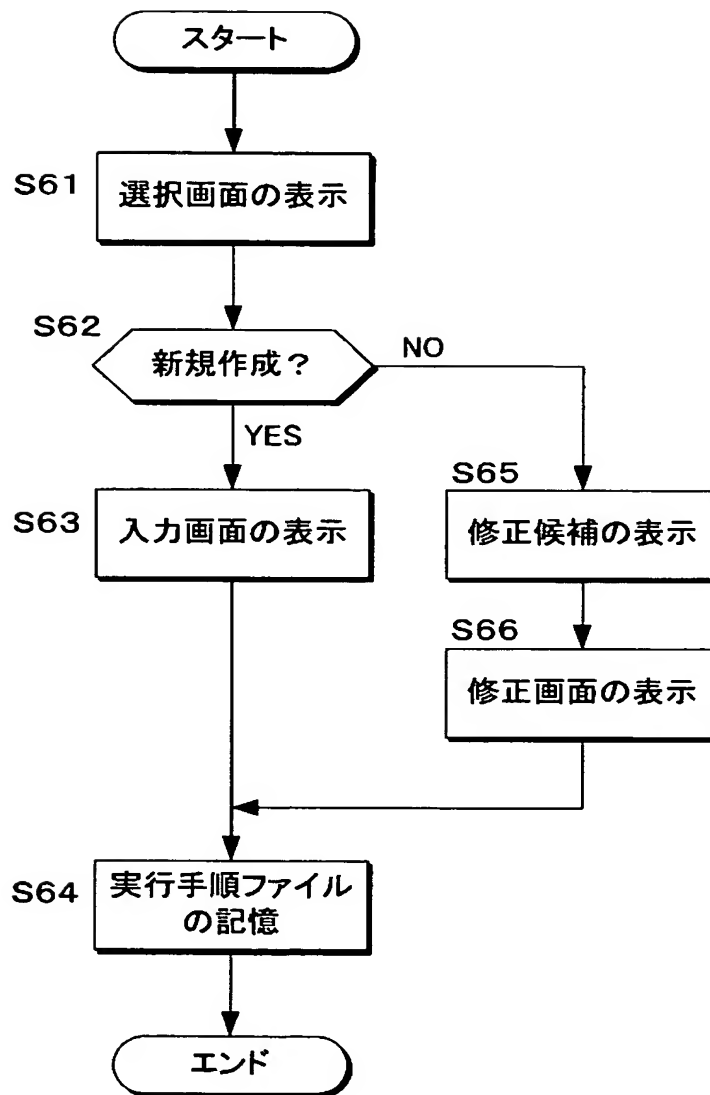
【図 9】



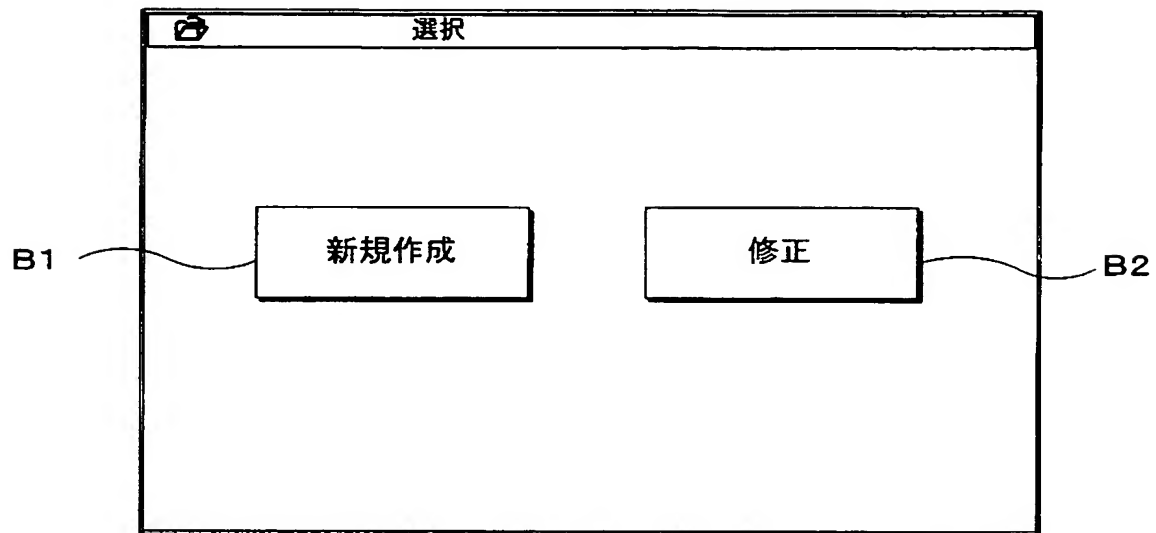
【図 10】



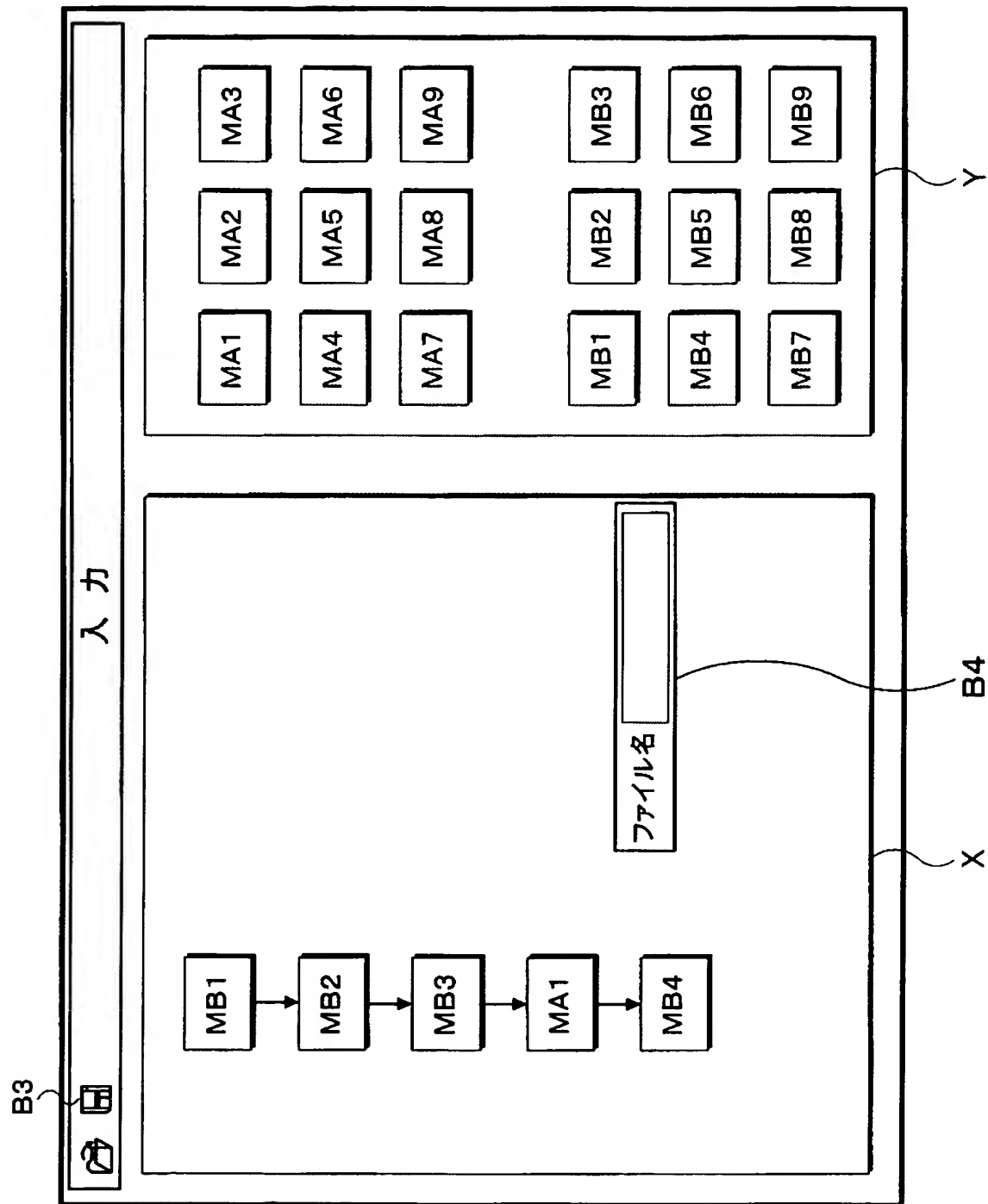
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 適合値を短時間で生成する。

【解決手段】 適合値生成プログラムは、適合手順制御プログラムと D O E ツールとを備える。D O E ツールは汎用の統計処理ツールである。適合値手順生成プログラムは計測装置と D O E ツールとのインターフェースとして機能する。データ取得処理において、適合値手順生成プログラムは、計測点の選択手法を自動的に決定しその結果を D O E ツールに渡す（S 3）。また、近似関数の選択（S 7）及び最適化手法の選択（S 1 5）は自動化されている。さらに、最終近似式の評価（S 1 4）及び確認データの判断（S 2 0）も自動化されている。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 2 - 3 5 2 0 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社